

# МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИЕ ГЕДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ И ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

А. И. Ханчук, В. В. Иванов

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,  
690022, Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159, Россия*

В мезо-кайнозойской геодинамической эволюции востока Азии происходило чередование субдукционных и трансформных (калифорнийского типа) обстановок. С субдукционными обстановками связано формирование главного объема Охотско-Чукотского, Восточно-Сихотэ-Алинского и других вулканоплутонических поясов. Трансформным обстановкам отвечают сдвиговые трансляции с внедрением астеносферных диапиров под континентальную окраину и (или) островную дугу в результате погружения в мантию зон спрединга и отрыва субдуцированной литосферы. „Астеносферные окна“ обеспечивали становление на верхних горизонтах коры разноформационных магматических комплексов.

Наряду с многоактностью тектогенеза и других масштабных процессов на рассматриваемой территории в мезокайнозое происходило и многоэтапное золотонакопления. Поясово-узловое сосредоточение месторождений в гетерогенных геологических ситуациях отвечает многофакторности глубинной активности флюидопроницаемых мегазон тектонизации. Разнообразие золотого оруденения объясняется разнообразием геолого-генетических систем со сложной соподчиненностью мантийных и коровых процессов.

*Геодинамический режим, трансформные и субдукционные обстановки, металлогения, возраст месторождений, типизация золотого оруденения, Дальний Восток.*

## MESO-CENOZOIC GEODYNAMIC SETTINGS AND GOLD MINERALIZATION OF RUSSIAN FAR EAST

A. I. Khanchuk and V. V. Ivanov

Paleogeodynamic reconstructions and recent studies of plate tectonics are used to represent Meso-Cenozoic geodynamic evolution of Asian Far East as interchanging subduction and transform (Californian type) settings. The formation of the bulk volume of the Okhotsk-Chukotka and Eastern Sikhote-Alin' volcanoplutonic belts is associated with subduction settings. Shear translations with intrusion of asthenospheric plumes beneath continental margin and/or island arc due to submergence of spreading centers into the mantle and the slab of submerged lithosphere, correspond to transform settings. „Slab windows“ conditioned the development of magmatic complexes of different formations in the upper crustal horizons.

In the Meso-Cenozoic period, along with tectonogenesis and other large-scale processes, the described territory underwent multistage concentration of gold. The paper considers spatial and temporal distribution of diverse types of gold mineralization with respect to heterogeneous major tectonic units. Belt-swarm occurrence of gold deposits in heterogeneous geological settings corresponds to multifactor deep activity of fluid-pervious megazones of tectonic reorganization. Diversity of gold mineralization is explained by geological systems of different origin and complicated interdependence of mantle and crustal processes.

*Paleogeodynamics, transform and subduction settings, metallogeny, age of ore deposits, gold mineralization, Russian Far East*

## ВВЕДЕНИЕ

Согласно современным плитотектоническим представлениям, первый период мезо-кайнозойской геодинамической истории востока России связан с последовательной аккрецией к Северо-Азиатскому кратону (САК) тектоностратиграфических террейнов. Главной причиной аккреции террейнов на севере Палеоокеана стало резкое усиление с юры субдукции океанической литосферы, когда до этого удаленные от окраины Северо-Азиатского кратона континентальные и островодужные структуры стали постепенно причленяться к нему. При этом аккрелируемые крупные структуры испытали и фрагментацию на террейны. Окраина кратона и террейны были „сшиты“ поясами гранитоидных батолитов и перекрыты вулканоплутоническими поясами (ВПП). В позднем кайнозое образовались рифтогенные впадины Японского и Охотского морей, и аккреция Азиатского континента сменилась его деструкцией.

В последние годы выполнен ряд исследований и обобщений по его субдукционной, коллизионной и рифтогенной мезо-кайнозойской палеогеодинамике [1—5 и др.], а также по геодинамическим построениям, базирующимся на ведущей роли сдвиговой тектоники [6]. В этой связи интересны и соответствующие работы по до-, син- и постаккреционной металлогении этой территории РФ. Вместе с тем ряд новых данных по различным геологическим дисциплинам требует внесения корректив в геодинамические построения и конкретизации привязки формирования месторождений к геодинамическим обстановкам (рис. 1—3).



## Рис. 1. Главные мезо-кайнозойские тектонические единицы территории Дальнего Востока России.

1 — платформенная часть Северо-Азиатского кратона, Охотский и Омолонский кратонные террейны; 2 — архейские и протерозойские гранитно-метаморфические комплексы кратона и кратонных террейнов; 3 — позднепалеозойско-раннемезозойские пассивные континентальные окраины Северо-Азиатского кратона и Чукотского террейна; 4 — домезозойские континентальные террейны; 5—8 — турбидитовые и сланцевые террейны осадочных бассейнов трансформных границ континентальных литосферных плит: 5 — юрские, 6 — раннемеловые, 7 — палеоцен-эоценовые, 8 — неогеновые; 9—11 — террейны аккреционных призм субдукционных границ континентальных литосферных плит: 9 — юрские и раннемеловые, 10 — позднемеловые, 11 — олигоцен-миоценовые; 12—14 — островодужные террейны (аккреционные призмы и вулканические дуги, нерасчлененные): 12 — юрские и меловые, 13 — позднемеловые, 14 — палеогеновые; 15 — мезо-кайнозойские осадочные впадины; 16, 17 — синдвиговые гранитоиды трансформных границ литосферных плит и микроплит: 16 — юрские, 17 — раннемеловые (частично включая начало позднего мела); 18 — мезо-кайнозойские субдукционные вулканоплутонические пояса; 19 — мезо-кайнозойские вулканоплутонические пояса трансформных континентальных окраин (калифорнийского типа); 20 — разломы; 21 — комплексы метаморфических ядер (кордильерского типа); 22 — дунит-клинопироксеновые зональные массивы.

Террейны: АЛ — Алазейский, ЖУ — Журавлевский, ИД — Иньяли-Дебинский, КН — Кулар-Нерский, ОМ — Омолонский, ОХ — Охотский, СМ — Самаркинский, СР — Сергеевский, УК — Укзаятский, УЛ — Ульбанский, ЧУ — Чукотский. Вулканоплутонические пояса (ВПП): ВСА — Восточно-Сихотэ-Алинский, КК — Курило-Камчатский, ОЧ — Охотско-Чукотский, У — Удский, ЦК — Центрально-Камчатский.

### ОБЩИЕ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ РЕГИОНА И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ СУБДУКЦИОННЫХ ОБСТАНОВОК

Центральное место в структуре территории занимает Северо-Азиатский кратон [5 и др.], представленный восточными частями Сибирской платформы и Алдано-Станового щита и Верхоянской пассивной континентальной окраиной позднепалеозойского—раннемезозойского возраста (см. рис. 1).

К северо-востоку от кратона располагается Верхояно-Колымский коллаж кратонных террейнов (Омолонский, Охотский) и террейнов раннепалеозойской континентальной окраины (Приколымский, Омудевский и др.). В девон-каменноугольное время они были отделены от Северо-Азиатского кратона в результате рифтинга. С ними соседствуют юрские островодужные террейны на неокеаническом фундаменте, террейны аккреционных призм и турбидитовых бассейнов как блоков мезозойских эпиокееанических структур. Указанный коллаж террейнов был образован в связи с раннемеловым движением к САК Чукотского террейна палеозойско-раннемезозойской пассивной континентальной окраины. В раннем мелу сформировался и Корякский коллаж эпиокееанических юрско-меловых террейнов островных дуг и аккреционных призм при субдукции в северном направлении литосферных плит Палеотихого океана [1, 7, 8].

К югу и юго-востоку от САК расположены аккретированные в раннем мелу Монголо-Охотский коллаж эпиокееанических мезозойских террейнов, домезозойский коллаж разного рода террейнов Амурского супертеррейна и Сихотэ-Алинский коллаж раннемеловых эпиокееанических террейнов [3].

К востоку от позднемеловой границы континент—океан выделяется обширная область кайнозойского коллажа террейнов, во многом скрытых под водами океана и окраинных морей. Террейны п-ова Камчатка, о. Сахалин, Курильских островов — это фрагменты структурных элементов поздне-меловой-раннепалеогеновой границы континент—океан и позднемеловых и палеогеновых островных дуг. Большинство из них были аккретированы в среднем—позднем эоцене и только террейны полуостровов Кроноцкого и Камчатский мыс — в неогене.

К постаккреционным зонам субдукций (см. рис. 3) относятся Удский среднеюрский ВПП на юго-востоке от САК, Охотско-Чукотский и Восточно-Сихотэ-Алинский ВПП позднемеловой активной континентальной окраины, система олигоцен-миоценовых вулканических поясов, которые протягиваются от Чукотки через Западную и Центральную Камчатку на Курильские острова, и современный вулканоген Камчатки и Курил.

### ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ТРАНСФОРМНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН КАЛИФОРНИЙСКОГО ТИПА

Появляется все больше фактов, свидетельствующих, о широком развитии в мезо-кайнозойской эволюции региона геодинамических обстановок, связанных с трансформными границами литосферных плит [9]. Эта модель совпадает в некоторой части с концепцией об определяющей роли мел-кайнозойского сдвигового режима на границе Азиатский континент—Тихий океан [6]. Подчеркнем, что такие обстановки во многом аналогичны позднекайнозойской трансформной границе плит калифорнийского типа. Главной особенностью последней является образование под континентальной окраиной „астеносферного окна“, в результате отрыва и погружения в мантию субдуцированной океанической литосферы (слэба). Над „астеносферным“ окном формируются магматические комп-

лексы. Палеотрансформные границы плит маркируются террейнами окраинно-континентальных турбидитовых бассейнов и магматическими комплексами на континентальной окраине.

В развитии трансформной континентальной окраины Сихотэ-Алиня различаются два этапа. На первом (допозднеготеривском) преобладала обстановка растяжения. На континентальном склоне и у его подножия накапливались преимущественно глинистые толщи, формировались ультрамафит-мафитовые щелочные магматические комплексы. На втором (готерив-сеноманском) этапе зоны сжатия и растяжения чередовались во времени и пространстве. Произошла резкая активизация движений по системе окраинно-континентальных левосторонних сдвигов, на континентальном склоне начали накапливаться песчаные и флишоидные толщи. Центральный Сихотэ-Алинский разлом и его продолжение в Японии (разломы Танакура и Медианный) унаследовали границу литосферных плит и напоминали современный разлом Сан-Андреас в Калифорнии. Террейны юрско-раннемеловой аккреционной призмы и раннемеловой островной дуги, расположенные к востоку от Центрального разлома, переместились с юга на север на расстояние около 1000 м и в альбе столкнулись с континентальной окраиной. К западу от Центрального разлома, вдоль границы с Амурским континентом, произошла трансляция на север юрской аккреционной призмы на расстояние около 700 км. Сдвиги рассекали и край Амурского континента и переместили отдельные его блоки в северном направлении, обусловив характерную „зубчатую“ форму восточной границы Амурского континента. Готерив-сеноманские левосторонние сдвиговые трансляции сформировали гигантскую S-образную структуру Сихотэ-Алиня и были причиной утолщения и формирования континентальной коры. С готерив-сеноманским этапом развития трансформной континентальной окраины Сихотэ-Алиня связано формирование синсдвиговых гранитоидных плутонов и вулканоплутонических комплексов бимодального типа с преобладанием риолитов (Хингано-Охотский и другие пояса). Гранитоидные плутоны имеют „пестрые“ геохимические характеристики. В эпокеанических террейнах аккреционных призм и турбидитового бассейна формировались ильменитовые и магнетитовые серии гранитов, на окраине Амурского континента — только магнетитовые. К крупным сдвигам приурочены плутоны литий-фтористых гранитов с признаками базальтоидного начала. Золотоносными являются натровые гранодиоритовые и тоналит-плагиогранитные плутоны магнетитовой серии I-типа. Для золотоносных плутонов характерно повышенное содержание бария и стронция, отсутствие европиевой аномалии, пониженное содержание тяжелых редкоземельных элементов и первичное соотношение изотопов стронция на уровне 0,705.

По аналогии с раннемеловой обстановкой Сихотэ-Алиня палеогеодинамический анализ взаимодействия литосферных границ указывает на юрско-раннемеловую обстановку трансформной континентальной окраины на юге и к северо-востоку от САК, палеоцен-эоценовую вдоль Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса (ОЧВП) и палеоген-миоценовую вдоль Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса (ВСАВП) палеограницы континент—океан. Трансформная граница плит в позднеэоцен-раннечетвертичное время существовала и вдоль Курило-Камчатской вулканической дуги.

Юрские и раннемеловые трансформные континентальные окраины на северо-востоке России (см. рис. 2) протягиваются вдоль южной границы Чукотского террейна и вдоль Колымской структурной петли (КСП). В составе последней распознаются [3, 10, 11] террейны юрских турбидитовых бассейнов (Кулар-Нерский, Иньяли-Дебинский, Полуосненский) трансформных границ Северо-Азиатского кратона и Охотского, Омолонского и Приколымского кратонных террейнов. Далее, по направлению к центру петли выделяется Момо-Селенняхская тектоническая зона, в которой присутствуют террейны юрской аккреционной призмы с фрагментами палеозойско-раннемезозойской океанической коры с офиолитами, а также террейны раннесреднепалеозойской пассивной окраины кратона (Омулевский, Тас-Хаяхтахский, Селенняхский, Улахан-Таский и др.), которые обычно не рассматриваются как элементы юрской зоны субдукции. Но заметим, что к юрским аккреционным призмам Сихотэ-Алиня и Японии также приурочены террейны континентальной окраины (Хорский, Сергеевский, Южный Китаками), которые залегают на или внутри аккреционной призмы и совместно с последней деформированы. По аналогии можно предположить, что Момо-Селенняхская тектоническая зона представляет собой часть зоны субдукции юрской Алазейской островной дуги, а континентальные террейны Селенняхской зоны являются фрагментами нависавшей над зоной субдукции плиты, отколовшимися по более поздним сдвигам.

Структуру КСП в целом [7] можно представить как систему гигантских складок с вертикальными шарнирами и сдвиговыми границами на крыльях, левосторонними на западных и правосторонними на северных и восточных. Поперечные к КСП зоны разломов ее обрамления (часто с гранитоидными плутонами) являются трещинами скалывания (типа мегакливажа) по отношению к гигантским складкам.

Отметим следующие моменты геодинамической истории Колымской петли [7, 10, 12]. В поздней юре Момо-Селенняхско-Алазейская островная система сблизилась с трансформной окраиной Северо-Азиатского кратона и кратонных террейнов, что вызвало отрыв слэба, внедрение астеносферных диапиров и формирование позднеюрских Олойского и Уяндино-Ясачненского вулканических поясов

вдоль транспрессионной структуры зоны столкновения. В раннем мелу в коллизионной обстановке образовались многочисленные интрузии синсдвиговых гранитоидов с гибридными корово-мантийными характеристиками. Дальнейшая эволюция „астеносферного окна“ в среднем—позднем мелу вызвала появление щелочных вулканитов Джахтардах-Олойского вулканического пояса. В раннем—позднем мелу подобным образом развивалась и южная окраина Чукотского террейна, после поглощения под него литосферы Южно-Анжуйского океанического бассейна.

Юрские окраинно-континентальные турбидиты Унья-Бомского и Ульбанского террейнов маркируют трансформную границу Сибирского континента, которая существовала еще до закрытия Монголо-Охотского океанического бассейна. Раннемеловая коллизия Амурского супертеррейна с САК происходила в обстановке левостороннего смещения [3]. Геохимические особенности раннемеловых вулканитов типично рифтогенные. На окраине кратона известны зональные щелочные дунит-клинопироксенитовые массивы (Кондер и др.).

Палеогеновые турбидиты Укэляятского террейна на севере Камчатки маркируют трансформную границу плит. Этому предшествовала субдукция под окраину континента кампан-маастрихтской зоны спрединга, фрагменты которой описаны в Яранайском террейме [8]. С этой трансформной окраиной связаны (маастрихт?)-палеоцен-раннеэоценовые вулканиты, приуроченные к ОЧВПП. В осевой части о. Сахалин выделяются фрагменты позднемеловой зоны спрединга. Зоны субдукции были направлены на запад, под континент, и на восток, под Восточно-Сахалинскую островную дугу. Сближение дуги с континентом и отрывы слэбов начались в палеоцене, а коллизия и внедрение гранитоидов на о. Сахалин — в эоцене (42 млн лет). Под континентальной окраиной формировалось „астеносферное окно“, обусловившее специфику палеоген-неогенового магматизма ВСАВПП и неогенового на о. Сахалин в обстановке развития правосторонних сдвигов.

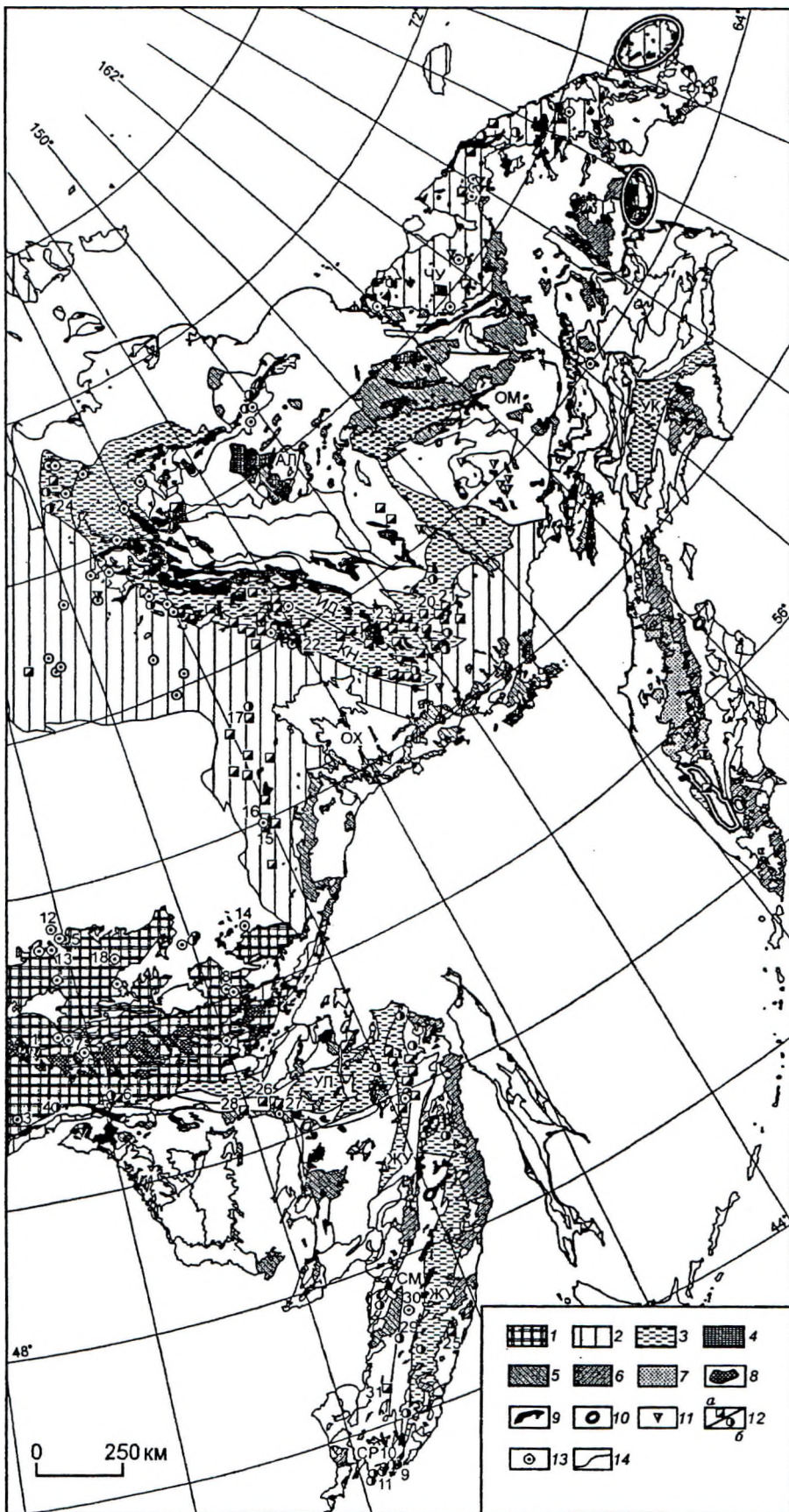
Предполагается, что левосдвиговой эоценовой коллизии позднемеловой Олюторско-Камчатской (Ачайваям-Валагинской) островной дуги [13] на ее западной окраине предшествовала смена субдукционной границы на трансформную. Отрыв слэба и последовавшее внедрение астеносферных диапиров привели к образованию маастрихт-палеоценовых зональных дунит-клинопироксенит-габбровых интрузий в зоне совмещения дуги с континентальной окраиной. В эоцене в Срединнокамчатском и Ганальском террейнах сформировались комплексы метаморфических ядер кордильерского типа. Неоген-четвертичное „астеносферное окно“ образовалось под Камчаткой после смены субдукционной границы на трансформную, которая маркируется неогеновыми турбидитами Тюшевского прогиба.

Ранне вулканические комплексы мезо-кайнозойских выделяемых трансформных континентальных окраин Дальнего Востока уже квалифицировались как не субдукционные, а рифтогенные (синсдвиговые) или внутриплитные. Для ранее амагматичных площадей характерны базальты с внутриплитовыми характеристиками. В тех случаях, когда развитию трансформных окраин предшествовала субдукция (Охотско-Чукотская и Восточно-Сихотэ-Алинская позднемеловые активные окраины), состав базальтов варьировал во времени от известково-щелочного (высокоглиноземистого) до внутриплитного (кайнозойские базальты ОЧВПП и ВСАВПП). Отсутствие в них ниобиевого минимума на спайдер-диаграммах резко отличает их от надсубдукционных базальтов. Типоморфными для трансформных окраин являются высокоглиноземистые базальты, для которых характерны высокие содержания щелочей, особенно калия, и большинства некогерентных элементов (Rb, Sr, Ba, Zr, Th, U), а также высокие значения K/Na, Ni/Co, LREE/HREE и LILE/HFSE, но низкие K/Rb отношения. Высокомагнезиальный состав низкокальциевых пироксенов свидетельствует о более высоких температурах кристаллизации, а высокие значения отношений Ti/V, Ba/La, Nb/La и  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  при сравнительно низком  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  дают основание предполагать иной состав магматического источника по сравнению с типично субдукционными базальтами. Внутриплитовый тип базальтов мезо-кайнозойских трансформных границ плит Дальнего Востока отличается обогащенностью так называемыми субдукционными компонентами и характеризуется относительно высокими содержаниями глинозема, крупноионных литофилов (Rb, Ba, Sr), а в некоторых случаях — деплетированностью в отношении высокозарядных катионов (Ta, Nb). Кроме того, в этих случаях они связаны многочисленными переходами с высокоглиноземистыми магмами начального этапа вулканизма трансформной окраины [14, 15].

В целом для мезо-кайнозойских трансформных континентальных окраин Дальнего Востока характерен антидромный тип вулканизма. Большеобъемные толщи риолитов часто слагают основание структур растяжения и обычно приурочены к блокам домезозойской континентальной коры. В подчиненном количестве кислые вулканиты присутствуют в бимодальных сериях. И большеобъемные кислые вулканиты, и кислые вулканиты базальтсодержащих толщ рассматриваемых трансформных окраин обнаруживают базитовое (плюмовое) начало.

## ТИПЫ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ И ЕГО ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

Разноранговость и разнородность нарушенности породных комплексов, проявившиеся при каждом из обсуждаемых выше геодинамических режимов, предопределили многообразие геолого-



## Рис. 2. Геодинамические комплексы трансформных границ литосферных плит и мезо-кайнозойские золоторудные месторождения.

1 — архейские и протерозойские гранитно-метаморфические комплексы Северо-Азиатского кратона и кратонных террейнов; 2 — позднепалеозойско-раннемезозойские пассивные континентальные окраины Северо-Азиатского кратона и Чукотского террейна; 3 — турбидитовые и сланцевые террейны осадочных бассейнов трансформных границ континентальных литосферных плит; 4—7 — синдвиговые вулканоплутонические серии: 4 — юрские, 5 — ранне-поздне меловые, 6 — палеоген-неогеновые, 7 — плиоцен-раннечетвертичные; 8, 9 — синдвиговые гранитоиды трансформных границ литосферных плит и микроплит: 8 — юрские, 9 — раннемеловые (частично включая начало позднего мела); 10 — комплексы метаморфических (ядер кордильерского типа); 11—14 — золоторудные месторождения, упоминаемые в тексте: 11 — золото-серебряные, 12 — золото-(сульфидно-) -кварцевые (а) и ассоциирующие с гранитоидами золото-(редкометалльно-) -кварцевые (б), 13 — прочие; 14 — границы террейнов.

Месторождения: 1 — Бамское, 2 — Колчеданный Утес, 3 — Березитовое, 4 — Кировское, 5 — Лунное, 6 — Золотая Гора, 7 — Успенское, 8 — Холодникан, 9 — Порожистое, 10 — Смутное, 11 — Прогресс, 12 — Куранах, 13 — Лебедино, 14 — Кондер, 15 — Дуэт, 16 — Юр, 17 — Нежданиское, 18 — Майское, 19 — Дорожное, 20 — Утинское, 21 — Среднеканское, 22 — Эргелях, 23 — Бусугунья, 24 — Кючус, 25 — Глухое, 26 — Токур, 27 — Харга, 28 — Маломыр, 29 — Незаметненское, 30 — Корневое, 31 — Откосная площадь.

структурных условий золотоотложения. Подчиняясь направленности и этапности становления, взаимодействия и деструкции геотектонических единиц неодинаковой иерархичности, мезозойско-кайнозойский золотой рудогенез был полихронен. Наблюдаемый итоговый линейно-узловой мотив пространственного размещения более двухсот месторождений золота, вынесенных на рис. 2 и 3, в целом отвечает, по всей видимости, позиции мегазон тектонизации, пронизываемых для флюидопотоков с разнопринципными последующими магматизмом, метаморфизмом и т. д. Золотонакопление на данной гетерогенной территории сопровождало широкому кругу геологических процессов, поэтому так очевидно разнообразие геолого-генетических моделей мезо-кайнозойских золотоносных систем. С ними корреспондируют несколько формационных типов оруденения. К ведущим формационным группам месторождений принадлежат золото-(сульфидно-, редкометалльно-) -кварцевая, золото-сульфидная (в том числе „черносланцевая“), которые характерны для раннего и среднего мела, и золото-серебряная, показательная для поздне мелового-четвертичного времени.

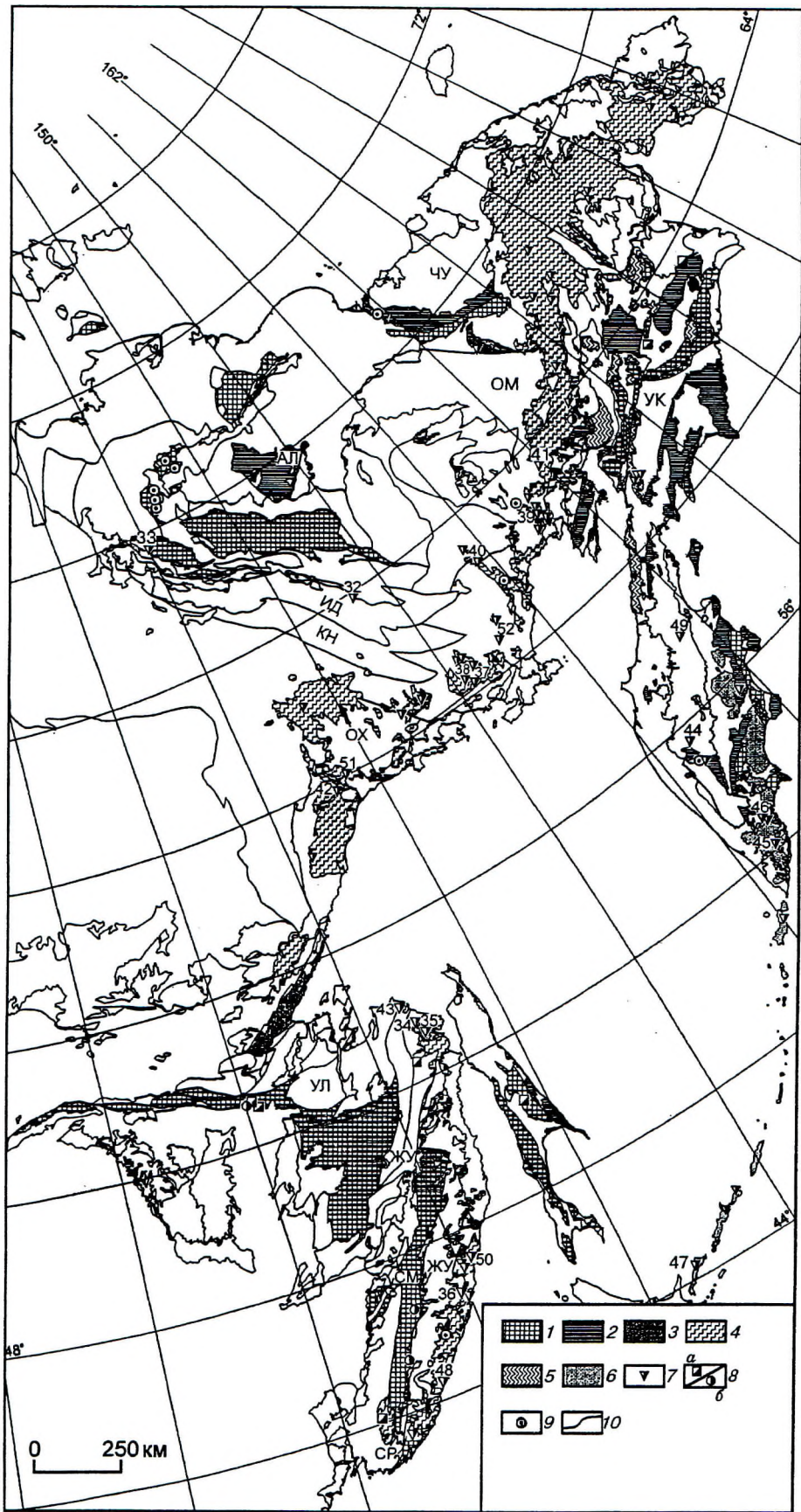
Большинство из упоминаемых ниже месторождений освещены исследователями АмурКНИИ, ДВИМСа, ДВГИ, ИГЕМ, СВКНИИ, ЦНИГРИ, ЯИГН и др., материал которых дополнительно привлечен нами для обобщений, затрагивающих в контексте данной статьи лишь отдельные черты размещения золотого оруденения, применительно к геодинамическим обстановкам низкого ранга. Это активизированные кратонные террейны и платформенный чехол, террейны пассивных окраин кратонов, турбидитовых бассейнов и аккреционных призм, а также перекрывающие вулканогенные и осадочные комплексы.

### ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ГЕОДИНАМИЧЕСКИ РАЗНОРОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ ТЕРРЕЙНОВ

Золотой рудогенез, хронологически весьма оторванный от формирования породных комплексов кратонных структур, был связан с процессами тектономагматической активизации, обусловленными развитием глобальных трансформных окраин.

К террейнам фундамента Северо-Азиатского кратона на Алдано-Становом щите (см. рис. 2) приурочены месторождения многочисленных золотых рудно-россыпных узлов, в том числе и платиноносных. Фиксируемое разнообразие оруденения обусловлено сложной соподчиненностью процессов позднеюрско-раннемеловой трансформной окраины, протекавших при неоднократной активизации краевой части кратона в виде сводово-глыбовых движений и мощного разформационного магматизма (пояс раннемезозойских батолитов известково-щелочных гранитоидов и т. д.). Мезозойское золотое оруденение локализовано в метаморфитах и ультраметаморфитах (Бамское, Колчеданный Утес\*), апометаморфитах (объемных и локальных диафторитах в Верхнетимтонском, Сутамском и других районах), в допалеозойских гранитоидах (Березитовое) и ультрамафитах, вблизи массивов или в самих массивах мезозойских гранитоидов (Кировское), а также в более поздних породах. В кварцево-жильных гидротермалитах иногда заметна роль карбонатов, а также полевых шпатов (Лунное, Золотая Гора). На ряде объектов, в том числе среди диафторитов, продуктивность определяется золотоносностью сульфидов. При повышенной сульфидности руд (Колчеданный Утес, Успенское) отдельные месторождения вообще принадлежат к золото-полиметаллическому типу со своеобразными метасоматитами (Березитовое). Наряду с ними проявлен золото-редкометалльно-кварцевый (Кировское, Холодникан), золото-серебряный убого-

\* Здесь и далее по тексту имена собственные в скобках — названия месторождений (см. также рис. 2 и 3).





**Рис. 3. Геодинамические комплексы субдукционных границ литосферных плит и мезо-кайнозойские золоторудные месторождения.**

1 — террейны аккреционных призм субдукционных границ континентальных литосферных плит и микроплит; 2 — островодужные террейны (аккреционные призмы и вулканические дуги, нерасчлененные); 3—6 — субдукционные вулканоплутонические пояса: 3 — юрские, 4 — поздне меловые, 5 — позднечетвертичные-олигоценные, 6 — неоген-четвертичные; 7—10 — золоторудные месторождения, упоминаемые в тексте: 7 — золото-серебряные, 8 — золото-(сульфидно-)кварцевые (а) и ассоциирующие с гранитоидами золото-(редкометалльно-)кварцевые (б), 9 — прочие; 10 — границы террейнов. Месторождения: 32 — Урультун, 33 — Кысылга, 34 — Белая Гора, 35 — Бухтыанское, 36 — Салют, 37 — Карамкен, 38 — Утесное, 39 — Эвенское, 40 — Дукаг, 41 — Кегали, 42 — Юрьевское, 43 — Многовершинное, 44 — Агинское, 45 — Асачинское, 46 — Родниковое, 47 — Прасоловское, 48 — Майское-Дальнегорское, 49 — Озерновское, 50 — Ягодка, 51 — Хаканджа, 52 — Наялленга.

сульфидный (Бамское), золото-медно-молибденовый и иной тип минерализации. Интересны площадки, совмещающие золотую и платиновую специализацию, а также золотоносность некоторых железорудных образований.

На юге Приморья примером золотого оруденения в древних кристаллических породах служит также крупный блок так называемых „сергеевских габброидов“. В этих метаморфизованных и мигматизированных пара- и ортопородах раннемеловые золото-кварцевые проявления (Порожистое, Смутное, Прогресс и др.) тяготеют к зонам синсдвиговых тектонитов и гибридным гнейсовидным породам диорит-гранодиорит-гранитного состава.

В платформенном чехле юго-восточной окраины Сибирской платформы золотое оруденение „трассирует“ различные звенья гигантской цепи магматических провинций многоэтапной юрско-меловой вулканоплутонической деятельности. Магматиты формировались в обстановке менявшегося тектонического режима трансформной континентальной окраины. Полиформационность гранитоидов субщелочной и щелочноземельной серий обусловлена множественностью и разноглубинностью очагов. Рудогенез проявился в различных частях этих крупных сводовых поднятий. Среди благороднометалльного оруденения наблюдается несколько типов, по-своему связанных с различными фациями субщелочных и щелочных магматитов. Уже стали хрестоматийными куранаский и лебединский типы месторождений золота с элементами литолого-стратифицированного контроля.

В виде многокомпонентных природных сплавов Au, Ag, Cu, Pd и Pt своеобразна и золото-медно-платиноидная нагрузка щелочно-ультраосновных комплексов (Кондер).

Пассивная окраина кратона характеризуется золоторудными объектами нескольких рудных районов, приуроченных к палеозойским и мезозойским седиментолитам. Примечательна многоярусность меж- и субпластовых кварцевых жил, конформных складкам углеродистых толщ (Дуэт, Юр и др.). Подобное золото-(сульфидно)-кварцевое оруденение относят к метаморфогенно-гидротермальному и даже к осадочно-гидротермальному. Встречается минерализация также в крутых (золотое с серебром крупное Нежданянское месторождение) и в пологих, сопровождающих надвиги, зонах дробления. Известны и золото-редкометалльно-кварцевые руды, ассоциирующие с гранитоидами.

Среди ряда золоторудных объектов в породных комплексах пассивной окраины Чукотского террейна отметим прежде всего Майское месторождение, в качестве одного из эталонных крупных объектов большеобъемного золото-сульфидного вкрапленно-прожилкового оруденения в черносланцевых породах.

Для турбидитовых террейнов палеотрансформных границ плит показательны многочисленные мезотермальные месторождения, продуценты богатых россыпей золота. Так, для триас-юрских турбидитов хорошо известны разнообразные примеры месторождений (Дорожное, Утинское, Среднеканское и др.) Яно-Колымской складчатой области, где в раннем мелу масштабно проявился и гранитоидный магматизм. Общая линейность развития ранне- и средне меловых месторождений во многом задана возобновляющимися крупными дислокациями (в том числе сдвигами), которые контролировали размещение многофазных плутонов и малых интрузий. Оруденение в основном золото-(сульфидно-, карбонатно-)кварцевое, реже золото-редкометалльно-кварцевое (Эргелях, Бусугунья и др.) с висмутовой и иной минерализацией. Иногда рудам присущ серебряный профиль. Появились сообщения о платиноносности некоторых золото-кварцевых объектов. Встречается также прожилково-вкрапленное золото-сульфидное оруденение (ртутьсодержащее крупное месторождение Кючус).

В террейнах меловых турбидитов размещены месторождения в Нижнем Приамурье (Бекчи-Ульский, Херпучинский, Тахтинский и другие рудно-россыпные узлы). Золото-сульфидно-кварцевая жильная минерализация локализована среди песчаников и алевролитов, в экзо- и эндоконтактах меловых даек и штоков диорит-андезитового и гранодиорит-дацитового составов.

В дислоцированных углеродсодержащих апоалевролитах мела Центрального Сихотэ-Алиня выявлено большеобъемное золото-сульфидное оруденение с признаками платиноносности (Глухое).

Аккреционные призмы характеризуются локализацией золоторудных месторождений в разнородных породных комплексах в нескольких районах региона.

Так, в Монголо-Охотской складчатой области это известный Салемджино-Кербинский золотоносный пояс, где золото-кварцевое жильное оруденение тяготеет к определенным уровням разреза стратифицированных толщ, неодинаково метаморфизованных (Токур, Харга и др.), а также к различным элементам Челогорской, Сагурской, Правобуреинской и других куполовидных структур и метаморфических ядер. Иногда встречается собственно золото-сульфидный (арсенопирит-пиритовый) прожилково-вкрапленный тип минерализации (Маломыр).

В Сихотэ-Алинской складчатой области в юрской аккреционной призме развиты золото-вольфрамовое месторождение в меловом штоке гранитоидов (Незаметнинское), золото-сульфидная минерализация в зонах дробления (Корневое) и прожилково-жильная бедная золото-кварцевая минерализация в туфогенно-терригенных олистостромовых образованиях (Откосная площадь).

## ЭПИТЕРМАЛЬНОЕ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ВУЛКАНОГЕНОВ

Для вулканогенно-гидротермальных рудных систем, в отличие от рассмотренных выше, обычно характерна парагенетическая связь оруденения и магматизма. Сложностью взаимосвязей тектонических и магматических структурообразующих факторов разного масштаба задана многовариантность вулканотектонических и вулканоплутонических иерархически соподчиненных моделей.

Субдукционные окраинно-континентальные и островодужные ВПП показательны широким развитием классического эпитермального оруденения золото-серебряной формационной группы. Многие Au-Ag объекты ОЧВПП ассоциируют с породами среднего этапа — магматитами трахидацит-трахириолит-аляскитовой формации, которые принадлежат в сильно разобщенных рудомещающих вулканотектонических сооружениях к самостоятельным вулканическим свитам с их комагматами. Согласно аргон-аргоновому датированию [16, 17], в ОЧВПП формирование многочисленных Au-Ag месторождений (Карамкен, Утесное, Эвенское, Дукат, Кегали и др.) широкомасштабно прокатилось по поясу как кампанская вспышка в рамках растянутого от сантона (Юрьевское) до маастрихта хронологического спектра рудных событий (85—70 млн лет). Финальный датский эпизод постаккреционного оруденения (Многовершинное) характерен для несколько более молодого ВСАВПП. Такая сближенность во времени разобщенных тысячами километров рудных объектов, золотонакопление которых венчает рубеж завершения субдукционной стадии становления вулканогенов, — признак ведущей роли глубинных процессов в эволюции металлоносных вулканотектонических структур.

В продолжение омоложения в восточном направлении окраинно-континентальных и островодужных ВПП золото-серебряное оруденение смещалось вслед за последовательным становлением вулканических поясов Курило-Камчатского региона (позднемиоценовое Агинское, плиоцен-плейстоценовые Асачинское и Родниковое, плейстоценовое Прасоловское). Примечательно сонахождение „юного“ оруденения Камчатки в вулканоструктурах с современными гидротермальными системами.

Определяющую роль в локализации и строении металлоносных гидротермальных систем в магматогенно-тектонических постройках играли дизъюнктивы различной природы, центры эруптивных явлений, инъективные магматические тела и т. д. Известны контроль оруденения дайками (Майское-Дальнегорское, Озерновское и др.), локализация в интрузивах (Ягодка) и частичное размещение в кровле гранитоидных массивов (Прасоловское).

К особенностям Au-Ag руд относится большое видовое разнообразие минералов и скудность их тонковкрапленных выделений. Доминирует кварц, определяющий яркое многообразие структурно-текстурных рисунков прожилково-жильных образований. При этом есть случаи, когда в ритмично-полосчатых жилах кальцитом представлены мономинеральные слои (Родниковое, Прасоловское и др.). Родохрозит и марганцовистый кальцит установлены на разнотипных месторождениях (Хаканджа, Многовершинное, Дукат). Там, где карбонатсодержащие руды испытали „вклинивание“ поздних интрузивных фаз гранитоидов, встречаются скарноидные минеральные парагенезисы (Многовершинное, Нявленга, Дукат).

Основными являются золото-аргентитовый, золото-сульфосольный, золото-селенидно-сульфосольный, золотой, золото-теллуридный и теллуридный минеральные типы руд. С золотым и серебро-золотым типами минерализации совпадает теллуровая ветвь оруденения, а с золото-серебряным и серебряным — селеновая. Первая ветвь ассоциирует со среднеосновными, фемическими магматитами, а вторая — с породами умеренно-кислого, салического профиля [11].

К вулканогенам мезозойских трансформных геодинамических обстановок (рис. 3) относится (золото)-серебряное оруденение Уяндино-Ясачинского ВПП (Урультун) с сурьмяной, мышьяковой, висмут-теллуровой и фтористой минерализацией. В зоне данного пояса встречается Au-Ag минерализация и среди терригенных толщ юры (Кысылга). В кайнозойских вулканогенах золото-серебряное рудообразование, которое осуществлялось на фоне трансформного геодинамического режима, ассоциирует с контрастными базальт-риолитовыми их сериями завершающих этапов ВПП. Например, это компактные Au-Ag месторождения северной (Белая Гора и Бухтянское) и центральной (Салют) частей ВСАВПП. Их руды, имеющие радиологический возраст 38,2—44,4 млн лет,

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С привлечением новых данных показаны особенности мезо-кайнозойских геодинамических обстановок, определявшихся характером взаимодействия литосферных плит. При этом с субдукцией было связано формирование многих вулканоплутонических поясов с золото-серебряным оруденением, а трансформное взаимодействие плит обуславливало весьма сложный комплекс явлений тектономагматической активизации континентальных окраин и коллизии террейнов, что сопровождалось развитием многих формационных типов месторождений. Ограниченный объем статьи не позволил с достаточной полнотой отразить новые материалы по данной проблематике, чтобы существенно ослабить дискуссионность некоторых вопросов, неизбежную при освещении столь обширной территории с длительным и сложным геодинамическим и металлогеническим развитием.

Обсуждение же геодинамики формирования рудоконтролирующих структур более высокого порядка — предмет следующего этапа разработки детерминистских моделей золотоносных систем соответствующего ранга и организации.

Данная работа частично выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 98-05-65326, 99-05-64727).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов Н. А., Тильман С. М. Тектоника и геодинамика северо-востока Азии (Объяснительная записка к тектонической карте северо-востока Азии масштаба 1 : 5 000 000). М., ИЛ РАН, 1992, 54 с.
2. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Натапов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М., Недра, 1990, кн. 1, 327 с.; кн. 2, 334 с.
3. Натальин Б. А. Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеанская геология, 1991, № 5, с. 3—23.
4. Ханчук А. И., Кемкин И. В., Панченко И. В. Геодинамическая эволюция юга Дальнего Востока в среднем палеозое—раннем мезозое // Тихоокеанская окраина Азии: Геология. М., Наука, 1989, с. 218—255.
5. Nokleberg W. J., Parfenov L. M., Monger J. W. H. et al. Circum-North Pacific tectonostratigraphic terrane map // U.S. Geological Survey, Open-File Report 94, 1994, 433 p., 2 sheets scale 1 : 5 000 000; 2 sheets 1 : 10 000 000.
6. Уткин В. П. Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М., Наука, 1980, 144 с.
7. Парфенов Л. М. Террейны и история формирования мезозойских орогенных поясов Восточной Якутии // Тихоокеанская геология, 1995, № 6, с. 32—43.
8. Соколов С. Д., Диденко А. Н., Григорьев В. Н. и др. Палеотектонические реконструкции северо-востока России: Проблемы и неопределенности // Геотектоника, 1997, № 6, с. 72—90.
9. Ханчук А. И., Голозубов В. В., Мартынов Ю. А., Симаненко В. П. Раннемеловая и палеогеновая трансформные континентальные окраины (калифорнийский тип) Дальнего Востока России // Тектоника Азии: Программа и тезисы XXX тектонического совещания. М., 1997, с. 240—243.
10. Оксман В. С. Геодинамическая эволюция коллизионного пояса горной системы Черского (северо-восток Азии) // Геотектоника, 1998, № 1, с. 56—69.
11. Хомич В. Г., Иванов В. В., Фатьянов И. И. Типизация золото-серебряного оруденения. Владивосток, ДВО АН СССР, 1989, 289 с.
12. Шпикерман В. И. Домеловая минерация северо-востока Азии. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 1998, 333 с.
13. Соловьев А. В., Брэндон М. Т., Гарвер Дж. И. и др. Коллизии Олюторской островной дуги с Евразийской континентальной окраиной: кинематические и возрастные аспекты // Докл. РАН, 1998, т. 360, № 5, с. 666—668.
14. Мартынов Ю. А. Высокоглиноземистый базальтовый вулканизм Восточного Сихотэ-Алиня: петрология и геодинамика // Петрология, 1999, т. 7, № 1, с. 58—78.
15. Вольнец О. Н. Петрология и геохимическая типизация вулканических серий современной островодужной системы: Автореф. дис. докт. геол.-мин. наук. М., 1993, 67 с.
16. Лейер П. В., Иванов В. В., Раткин В. В., Бундцен Т. К. Эпитермальные золото-серебряные месторождения северо-востока России: первые  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -определения возраста руд // Докл. РАН, 1997, т. 356, № 5, с. 665—668.
17. Layer P. W., Ivanov V. V., Bundtzen T. K.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages from ore deposits in the Okhotsk-Chukotka volcanic belt, North-East Russia // Abstracts of international Conference on Arctic Margin. Magadan, NESR RAS, 1994, p. 64—65.